

Таким образом, использование для выщелачивания микроорганизмов является перспективной альтернативной технологией для комплексной переработки углей.

#### Список использованных источников

1. Гамов М. И., Грановская Н. В., Левченко С. В. Металлы в углях. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2012. 45 с.
2. Полькин С. И., Адамов Э. В., Панин В. В. Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов. М. : Недра, 1982. 286 с.
3. Каравайко Г. М., Росси Дж., Агате А., Грудев С., Авакян З. А. Биотехнология металлов: Практическое руководство. М. : Центр международных проектов ГКНТ, 1989. 375 с.

УДК 621.039

## ЭКОНОМИЯ ПРОСТРАНСТВА ПРИ ВЫБОРЕ РАДИОЗАЩИТНОГО МАТЕРИАЛА

### SPACE ECONOM IN CHOOSE OF RADIOPROTECTIVE MATERIAL

Нинаев У. А., Филин И. И., Шибаета С. А., Ташлыков. О. Л., Лукьяненко В. Ю.  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, feel-in-95-06@mail.ru

Ninaev U. A., Filin I. I., Shibaeva S. A., Tashlykov O. L., Lukyanenko V. Yu.  
Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** В работе проанализированы габаритный, ценовой и весовой факторы выбора радиационно-защитных материалов (РЗМ). В работе рассмотрены различные РЗМ (природный уран, «Абрис» РЗнк-02, вольфрам, свинец) под воздействием криптона как источника излучения.

**Abstract:** In work were analyzed dimensional, price and mass factors of choosing the radio protective material (RPM). Analyzed materials: “Abris” RZnk-02, tungsten, lead and natural uranium; radiation source: radioactive krypton isotopes.

**Ключевые слова:** РЗМ; оптимизация; анализ; гамма-излучение.

**Key words:** radio protective materials; optimization; analysis;  $\gamma$ -rays.

Гамма-излучение продуктов деления ядерного топлива (газообразные, аэрозольные, твердые) представляет наибольшую опасность для персонала из-за их высокой активности.

Источниками радиоактивных аэрозолей и поверхностных загрязнений являются технологическое оборудование при нарушении его герметичности (протечки, свищи) или при разборке, фильтры вытяжных вентсистем, извлекаемые из реактора предметы, радиоактивные отходы, газообразные продукты деления, продукты горения радиоактивного натрия.

Уровни радиоактивных загрязнений и концентрации радиоактивных аэрозолей могут значительно повышаться при проведении ремонтных и аварийных работ. Существуют разные пути попадания источников радиационного загрязнения в рабочие помещения АЭС. Один из них – разгерметизация трубопроводов и запорной арматуры первого контура.

Среди способов снижения доз облучения персонала важную роль играет экранирование источника ионизирующего излучения. В настоящее время использование экранов ограничено небольшим выбором материалов, часто неудобных в использовании [1]. Для защиты от  $\gamma$ -излучения применяют защитные экраны, изготовленные из материалов с большим атомным номером и высокой плотностью (например, железо, свинец, вольфрам). Поглощающая способность защитного материала зависит от спектра  $\gamma$ -излучения (изотопного состава) источника. Поэтому значительный потенциал в реализации принципа оптимизации радиационной защиты имеет подбор состава поглотителей (химических элементов), обеспечивающих необходимую кратность ослабления излучения для конкретных ситуаций облучения, при минимальных затратах.

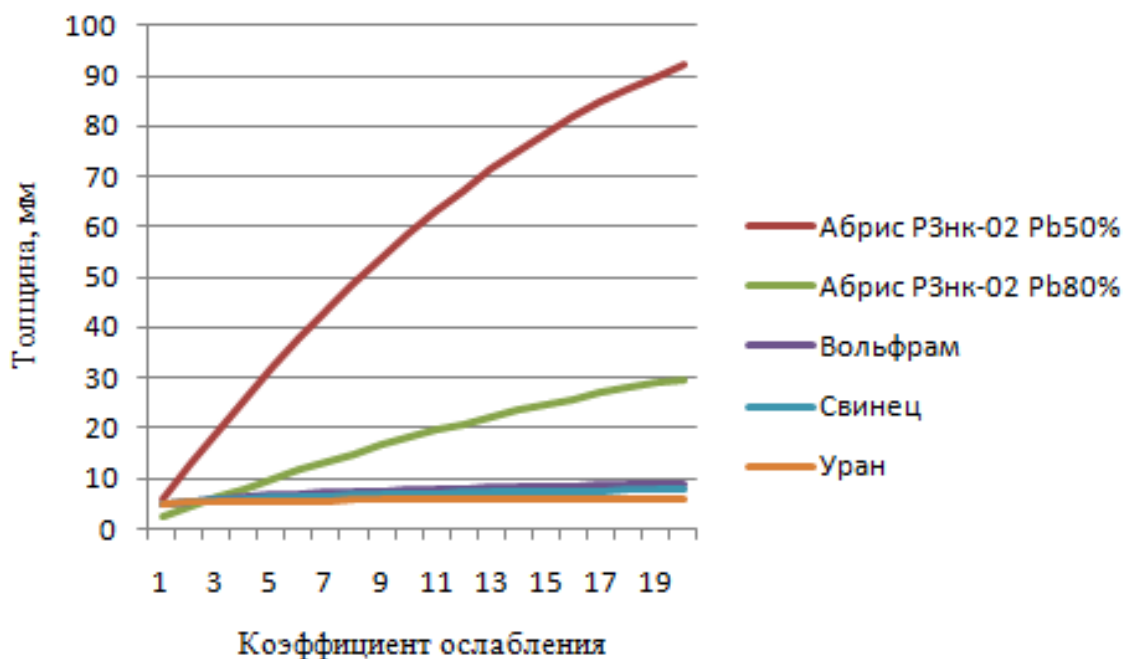
Для проведения исследований по оптимизации состава поглотителей гомогенных радиационно-защитных материалов (РЗМ), разработанных в последние годы, использован РЗМ серии «Абрис» РЗ, разработанный специалистами ООО «Завод герметизирующих материалов». РЗМ представляет собой гомогенную композицию на основе полимерного связующего, наполнителя, пластификатора и технологических добавок. Технология производства РЗМ позволяет формировать его необходимые защитные свойства с учетом изотопного состава радиоактивных загрязнений за счет использования необходимой концентрации различных наполнителей (свинца, вольфрама и т. д.) [2].

Для определения коэффициентов ослабления мощности дозы  $\gamma$ -излучения от таких источников как Kr-85, Kr-87, Kr-88 образцами защитного материала использовались высокопрецизионные расчетные коды, реализующие метод Монте Карло расчета переноса совокупности фотонов с непрерывной энергией в обобщенной геометрии и с зависимостью от времени. В задачах переноса частиц приемы Монте-Карло наиболее близки к реальности [2]. На основании исследования изотопного состава радиоактивных загрязнений в соответствующих элементах АЭС определяется энергетический спектр излучения. Выявляются места рабочей зоны, для которых необходимо экранирование от излучения. Вводятся требования к характеристикам защитного материала (например, ограничения по толщине).

Дополнительно могут возникнуть ограничения по облучаемости специалистов отдельных категорий, что потребует снижения мощности дозы, несмотря на стоимость защитных мероприятий [3].

В ряде случаев при планировании радиационно опасных работ используется концепция предельно допустимых доз (ПДД). В этом случае на основании необходимой кратности ослабления мощности дозы  $\gamma$ -излучения в отдельных точках рабочей зоны и ограничений по толщине экранирующего материала производится определение необходимой концентрации возможных наполнителей и сравнение стоимости защитных материалов.

*Выводы.* В результате проведения исследования были получены расчетные зависимости коэффициентов ослабления излучения, создаваемого характерными для различных ситуаций, радиоактивными источниками. На основании физических и стоимостных характеристик защитного материала различного состава были получены данные по необходимой толщине и стоимости защиты для требуемых кратностей ослабления излучения. Несомненно, для создания самой тонкой защиты лучше всего подходит природный уран, несколько более толстыми получаются листы из вольфрама и свинца, у абрисов же характерна более сильная зависимость толщины от требуемого коэффициента ослабления. Однако, главный недостаток таких материалов как уран и вольфрам – их высокая стоимость. Ориентировочно «Абрис» РЗнк-02 с 80 %-ным содержанием свинца более выгоден при низких значениях силы излучения. Свинец же по причине своей доступности и распространенности оказывается на первом месте по экономичности (рисунок).



Зависимость толщины РЗМ от коэффициента ослабления.  
Источник излучения - K<sub>r</sub>85

Может создаться впечатление, что лучшим РЗМ для применения на АЭС является свинец, однако, это не так, т. к. под воздействием нейтронного излучения он сам может активироваться. Исходя из этого, получается, что оптимальный РЗМ для АЭС – «Абрис» РЗнк-02 с 80 %-ным содержанием свинца, т. к. «Абрис» имеет большое количество атомов водорода в своем составе, что позволяет также бороться с нейтронным излучением, но при этом экранирует гамма-излучение лучше, чем «Абрис» с 50 %-ным содержанием свинца. Планируется продолжить исследования с более легкими материалами – например, баритом или баритосодержащими веществами.

#### Список использованных источников

1. Русских И. М., Селезнев Е. Н., Ташлыков О. Л., Щеклеин С. Е. Экспериментально-теоретическое исследование органометаллических радиационно-защитных материалов, адаптированных к источникам излучения со сложным изотопным составом // Ядерная физика и инжиниринг. 2014. Т. 5. № 5. С. 449-455
2. Ташлыков О. Л., Щеклеин С. Е., Лукьяненко В. Ю., Михайлова А. Ф., Русских И. М., Селезнев Е. Н., Козлов А. В. Оптимизация состава радиационной защиты // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2015. № 4. С. 36-42.
3. Ташлыков О. Л., Щеклеин С. Е., Русских И. М., Селезнев Е. Н., Козлов А. В. Оптимизация состава гомогенных радиационно-защитных материалов применительно к планируемым условиям облучения // Атомная энергия. 2016. Т. 121. № 4. С. 233-236.

УДК 621.928: 621.313.17

### **ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА**

### **PROBLEMS OF ELECTRODYNAMICS SEPARATION OF DESINTEGRATED ELECTRONIC SCRAP**

Обвинцева Е. Ю., Коняев А. Ю.  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург  
jain\_o@list.ru, a.u.konyaev@urfu.ru

Obvintseva E. Yu., Konyaev A. Yu.  
Ural Federal University, Yekaterinburg